

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-332313

(43)Date of publication of application : 30.11.2000

(51)Int.Cl.

H01L 41/09  
B06B 1/06  
B41J 2/045  
B41J 2/055  
B41J 2/16  
// H02N 2/00

(21)Application number : 11-142058

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 21.05.1999

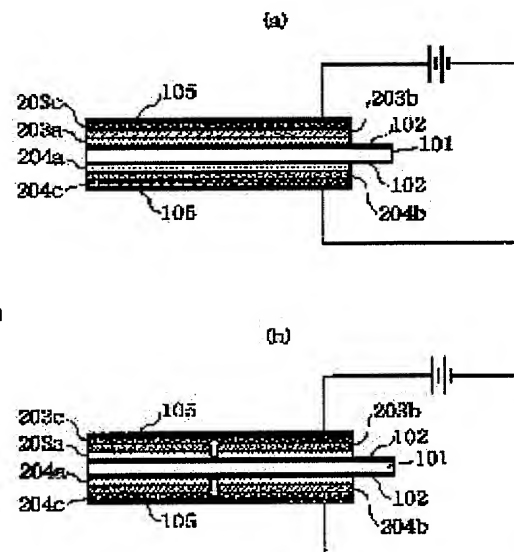
(72)Inventor : FUJII SATORU  
JINNO ISAKU  
TAKAYAMA RYOICHI  
KAMATA TAKESHI

## (54) THIN FILM PIEZOELECTRIC BIMORPH ELEMENT AND APPLICATION THEREOF

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To eliminate the step for bonding each piezoelectric by forming two piezoelectric parts on the opposite sides of a thin metal plate while inverting the direction of polarization through a decomposition controllable nonpaste method and then forming an electrode film on each side face of the piezoelectric parts opposite to the thin metal plate.

**SOLUTION:** A first electrode film 102 is formed on the opposite sides of a film depositing substrate 101 and a first piezoelectric film comprising three piezoelectric thin film layers 203a-203c, having a piezoelectric constant increasing sequentially in the thickness direction, is formed on the outer surface of the first electrode film 102 on one side thereof while varying the Zr/Ti ratio. Similarly, a second piezoelectric film comprising three piezoelectric thin film layers 204a, 204c, having the polarizing direction reverse to that of the piezoelectric thin film layers on the first side and a piezoelectric constant increasing sequentially in the thickness direction, is formed on the outer surface of the first electrode film 102 on the other side while varying the Zr/Ti ratio. Subsequently, a second electrode film 105 is formed on the outer surface of the piezoelectric thin film layers 203a-203c, 204a, 204c on the surface and rear.



(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-332313 ✓

(P2000-332313A)

(43) 公開日 平成12年11月30日 (2000. 11. 30)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 L 41/09		H 0 1 L 41/08	M 2 C 0 5 7
B 0 6 B 1/06		B 0 6 B 1/06	A 5 D 1 0 7
B 4 1 J 2/045		H 0 2 N 2/00	B
2/055		B 4 1 J 3/04	1 0 3 A
2/16			1 0 3 H
審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 22 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平11-142058

(22) 出願日 平成11年5月21日 (1999. 5. 21)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 藤井 覚

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 神野 伊策

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 100101823

弁理士 大前 要

最終頁に続く

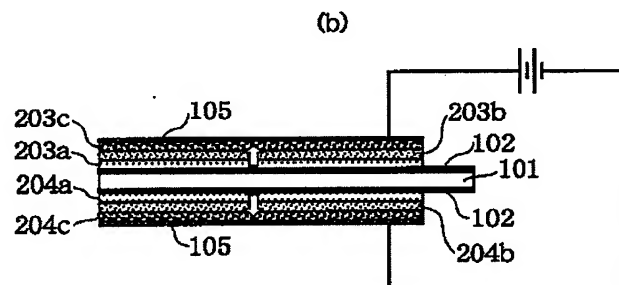
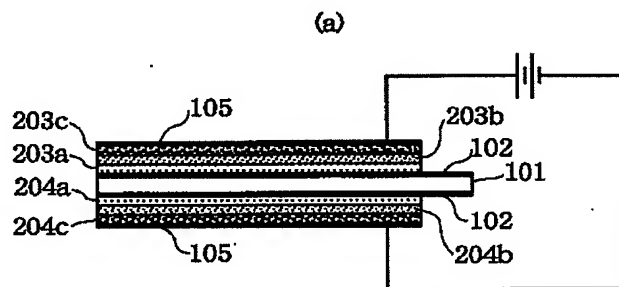
## (54) 【発明の名称】 薄膜圧電型パイモルフ素子及びその応用

## (57) 【要約】

【課題】 振動板が不必要、特性のバラツキが小さく、パターンに沿って微細化が可能しかも耐久性、信頼性等の優れた薄膜圧電型パイモルフ素子とこれを使用した各種機器並びにそれらの製造技術を提供する。

【解決手段】 1) 金属薄板の両面に第1電極膜、第1及び第2の圧電体薄膜、第2電極膜をRFスパッタ法等により直接形成する。

2) この際、圧電材料の $Zr/Ti$ 比、成膜基板温度等を制御して、圧電体薄膜の分極方向、層方向の電圧特性等を制御する。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】 金属薄板と、

該金属薄板の両面に、分極制御が可能な非貼り付け法により互いに分極方向が反転して形成された圧電体部と、該 2 つの圧電体部のそれぞれの反金属薄板側に形成された電極膜とを有していることを特徴とする薄膜圧電型バイモルフ素子。

## 【請求項 2】 前記圧電体部は、

材料の面からは少なくとも 2 種以上の組成の異なる圧電体薄膜の積層体や厚み方向に組成が連続的に変化した圧電体薄膜等の層方向材料変化圧電体であり、伸縮の面からは、上記材料の変化に相応して前記金属薄板と前記電極膜とにより電界が加えられた場合には、前記金属薄板に近い層や部分が前記電極膜に近い層や部分に比較して伸び、若しくは縮みによる歪みが小さい膜厚方向伸縮調整型圧電体部であることを特徴とする請求項 1 記載の薄膜圧電型バイモルフ素子。

【請求項 3】 前記金属薄板の両面の圧電体部は、その分極方向が反対の反対方向分極圧電体部であり、前記金属薄板若しくは 2 つの電極膜のいずれかは、電位的に接地されている接地金属薄板であることを特徴とする請求項 1 若しくは請求項 2 記載の薄膜圧電型バイモルフ素子。

【請求項 4】 前記金属薄板の両面の圧電体部は、その分極方向が同じの同方向分極圧電体部であり、前記金属薄板と前記 2 組の電極膜間に逆方向の電位を与える逆方向電位付与手段を有していることを特徴とする請求項 1 若しくは請求項 2 記載の薄膜圧電型バイモルフ素子。

【請求項 5】 前記圧電体部は、その圧電体薄膜厚さが、 $10\mu\text{m}$  以下である  $10\mu\text{m}$  以下厚圧電体部であることを特徴とする請求項 1、請求項 2、請求項 3 若しくは請求項 4 記載の薄膜圧電型バイモルフ素子

【請求項 6】 前記金属薄板は、中心部の比較的厚い薄板本体と、前記薄板本体中の物質が圧電体部に拡散するのを防止するためその両面に薄く形成された拡散防止用金属膜を有していることを特徴とする請求項 1、請求項 2、請求項 3、請求項 4 若しくは請求項 5 記載の薄膜圧電型バイモルフ素子。

【請求項 7】 金属薄板とその表裏両面に直接形成された複数の薄膜圧電型バイモルフ素子とを有する力学量検出端を使用してなる力学量検出器であって、上記複数の力学量検出端は、上記金属薄膜のなす面上に相互に方向の相違する複数のものが形成されてなる多軸方向力学量検出端であることを特徴とする多軸方向用薄膜圧電型力学量検出器。

【請求項 8】 金属薄板とその表裏両面に圧電体部が分極制御が可能な非貼り付け法により形成された薄膜圧電

型バイモルフ素子からなる力学量検出端を  $n$  ( $n$  は 2 以上の整数) 個 1 組として使用してなる力学量検出器であって、

上記  $n$  個 1 組の力学量検出端は、共通の金属薄板の両面所定の位置に圧電体部が各面  $n$  個形成された後、各圧電体部の形成された部分の金属薄板に所定の切断や折り曲げ加工等を行なうことにより相互に所定の角度で交わる  $n$  個の薄膜圧電型バイモルフ素子が対応する方向の力学量を検出する多軸方向力学量検出端であることを特徴とする立体薄膜圧電型力学量検出器。

【請求項 9】 金属薄板とその表裏両面に圧電体部が分極制御が可能な非貼り付け法により形成された薄膜圧電型バイモルフ素子からなる力学量検出端を 3 個 1 組として使用してなる力学量検出器であって、

上記 3 個 1 組の力学量検出端は、あらかじめ所定の形状にされた共通の金属薄板の両面所定の位置に圧電体部が各面  $n$  ( $n$  は 2 以上の整数) 個形成された後、各圧電体部の形成された部分の金属薄板に圧電体形成時の形状維持用に残された細い梁部の切断や所定の折り曲げ加工等を行なうことにより相互に所定の角度で交わる  $n$  個の薄膜圧電型バイモルフ素子が対応する方向の力学量を検出する多軸方向力学量検出端であることを特徴とする立体薄膜圧電型力学量検出器。

【請求項 10】 金属薄板とその表裏両面に圧電体部が分極制御が可能な非貼り付け法により形成された薄膜圧電型バイモルフ素子からなる力学量検出端を複数使用してなる力学量検出器であって、

上記複数の力学量検出端は、共通の金属薄板の両面所定の位置に圧電体部が各面複数の個形成された後、各圧電体部の形成された金属薄板に所定の切断加工等を行なうことにより、相互に固有振動数の相違する複数のものが同一平面状に形成されてなる周波数解析用力学量検出端であることを特徴とする周波数解析用薄膜圧電型力学量検出器。

【請求項 11】 金属薄板とその表裏両面に圧電体部が分極制御が可能な非貼り付け法により形成された薄膜圧電型バイモルフ素子からなる力学量検出端を複数使用してなる力学量検出器であって、

上記複数の力学量検出端は、圧電体形成時の形状維持用に残された細い梁部はともかくあらかじめ所定の形状に切断された共通の金属薄板の両面所定の位置に圧電体部が各面複数の個形成された後、各圧電体部の形成された金属薄板に所定の切断加工等を行なうことにより、相互に固有振動数の相違する複数のものが同一平面状に形成されてなる周波数解析用力学量検出端であることを特徴とする周波数解析用薄膜圧電型力学量検出器。

【請求項 12】 上記金属薄板の表裏両面に分極制御が可能な非貼り付け法により形成された複数の薄膜圧電型バイモルフ素子は、

10

20

30

40

50

請求項 1、同 2、同 3、同 4、同 5 若しくは同 6 のいずれかに記載している薄膜圧電型バイモルフ素子であることを特徴とする請求項 7、請求項 8、請求項 9、請求項 10 若しくは請求項 11 記載の薄膜圧電型力学量検出器。

【請求項 13】 圧力室を備えたインク流路構造体と、該インク流路構造体の圧力室形成面上に形成されたインクを吐出させるための薄膜圧電型バイモルフ素子を使用するアクチュエータを有するインクジェットヘッドであって、  
上記アクチュエータは、  
金属薄板と、  
該金属薄板の表裏両面に直接形成された薄膜型圧電型バイモルフ素子とを有していることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項 14】 前記インクを吐出させるための薄膜圧電型バイモルフ素子は、  
請求項 1、同 2、同 3、同 4、同 5 若しくは同 6 のいずれかに記載している薄膜圧電型バイモルフ素子であることを特徴とする請求項 10 に記載のインクジェットヘッド。

【請求項 15】 金属薄板の両面に圧電体薄膜を分極制御が可能な非貼り付け法で形成する圧電体薄膜形成ステップと、  
上記形成された圧電体膜に電極膜を形成する電極膜形成ステップと、  
上記形成された圧電体薄膜及び電極膜を所定の形状にパターンニングしてパターンニングされた薄膜圧電型バイモルフ素子を形成するパターンニングステップとを有していることを特徴とする薄膜圧電型バイモルフ素子の製造方法。

【請求項 16】 金属薄板の両面に、その表裏で分極方向が互いに反転した、そして、組成の異なる複数の層あるいは組成が連続的に異なる層から構成される圧電体薄膜を分極制御が可能な非貼り付け法で形成する圧電体薄膜形成ステップと、

上記形成された両面の圧電体薄膜上に各々電極膜を形成する電極膜形成ステップとを有していることを特徴とする薄膜圧電型バイモルフ素子の製造方法。

【請求項 17】 金属薄板の一方の面に第 1 圧電体薄膜を分極制御が可能な非貼り付け法で形成する第 1 圧電体薄膜形成ステップと、

上記金属薄板の他方の面に、上記第 1 圧電体薄膜形成時よりも低い基板温度のもとで形成温度を制御することにより、第 1 の圧電体薄膜と分極方向が同じ第 2 の圧電体薄膜を分極制御が可能な非貼り付け法で形成する第 2 圧電体薄膜形成ステップと、

上記形成された第 1 圧電体薄膜及び第 2 圧電体薄膜上に各々電極膜を形成する電極膜形成ステップとを有していることを特徴とする薄膜圧電型バイモルフ素子の製造方

法。

【請求項 18】 前記第 1 圧電体薄膜形成ステップ及び前記第 2 圧電体形成ステップは、  
組成の異なる複数の層あるいは組成が連続的に異なる層から構成される圧電体薄膜を形成する膜層変形圧電体薄膜形成ステップであることを特徴とする請求項 17 記載の薄膜圧電型バイモルフ素子の製造方法。

【請求項 19】 前記圧電体薄膜形成ステップ、第 1 圧電体薄膜形成ステップ及び第 2 圧電体形成ステップによる金属薄板への圧電体薄膜の形成に先立って、  
10 上記金属薄板の両面にその内部物質が圧電体部に拡散するのを防止するための安定した金属の薄膜を形成する安定金属薄膜形成ステップを有していることを特徴とする請求項 15、請求項 16、請求項 17 若しくは請求項 18 記載の薄膜圧電型バイモルフ素子の製造方法。

【請求項 20】 金属薄板若しくは拡散防止用金属層の形成された金属薄板の両面に分極制御が可能な非貼り付け法により圧電体薄膜を形成する圧電体薄膜形成ステップと、

20 形成された圧電体薄膜上に電極膜を形成する電極膜形成ステップと、

形成された圧電体薄膜と電極膜とを所定の形状にパターンニングするパターンニングステップと、

前記パターンニングステップ終了後、上記金属薄板を加工して  $n$  ( $n$  は 2 以上の整数) 個 1 組の薄膜圧電型バイモルフ素子からなる圧電効果型検出部を少くも 1 組形成する  $n$  個組圧電効果型検出部形成ステップと、

上記形成された圧電効果型検出部の形成された金属薄板に、各薄膜圧電型バイモルフ素子が相互に影響しないよう所定の切断線を入れる部分切断ステップと、

30 前記部分切断ステップにて各 1 個の薄膜圧電型バイモルフ素子が形成された半切断金属薄板各部を相互に所定の角度で交わる方向に折り曲げて  $n$  次元構造を作成する 3 次元構造作成ステップを有していることを特徴とする薄膜圧電型バイモルフ素子を使用した 3 次元用力学量検出器の製造方法。

【請求項 21】 金属薄板若しくは拡散防止用金属層の形成された金属薄板の両面に分極制御が可能な非貼り付け法により圧電体薄膜を形成する圧電体薄膜形成ステップと、

40 形成された圧電体薄膜上に電極膜を形成する電極膜形成ステップと、

形成された圧電体薄膜と電極膜とを所定の形状にパターンニングするパターンニングステップと、

前記パターンニングステップ終了後、上記金属薄板を加工して固有振動数の異なる、そして少くも 2 つの薄膜圧電型バイモルフ素子を有する圧電効果型検出部を形成する周波数検出用圧電効果型検出部形成ステップと、

50 上記少なくとも 2 個の圧電横効果部の形成された金属薄板に、各圧電効果部が相互に影響しないよう所定の切断線

## 5

を入れる部分切断ステップとを有していることを特徴とする薄膜圧電型バイモルフ素子を使用した周波数解析器の製造方法。

【請求項 2 2】 金属薄板若しくは拡散防止用金属層の形成された共通の成膜基板としての金属薄板の両面に分極制御が可能な非貼り付け法により圧電体薄膜を形成する圧電体薄膜形成ステップと、  
形成された圧電体薄膜上に電極膜を形成する電極膜形成ステップと、  
形成された圧電体薄膜と電極膜とを、インクジェットヘッド上のインクジェットヘッド素子の配列に対応してアクチュエータを形成するためパターンニングするアクチュエータ形成用パターンニングステップと、  
上記多数のアクチュエータの形成された金属薄板をインク流路構造体に接着する接着ステップを有していることを特徴とする薄膜圧電型バイモルフ素子を使用したインクジェットヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、薄膜圧電型バイモルフ素子に関し、更にこれを用いた力学量検出器及びインクジェット式記録ヘッド並びにこれらの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、誘電体、特にそのなかでも強誘電体は、焦電（ピロ電気）性を用いた焦電型赤外線検出器、圧電性を用いた加速度検出端（センサ）やアクチュエータ等の圧電体素子、分極反転を用いた不揮発性メモリ、高誘電率特性を用いた容量性素子の基本的材料（キーマテリアル）として研究開発が行われている。

【0003】ここに、圧電型検出器（センサ）は、圧電体に力が加わることにより圧電体が電荷を発生する「圧電効果」を利用して、加速度や圧力等の力学量を検出するものであり、電圧感度がきわめて大きいという特徴がある。

【0004】アクチュエータは、検出器とは逆に、圧電体に電圧を印加した際に発生する歪みを利用して変形等の力学量を与えるものであり、応答性が良好かつ微小の変位量を精密に制御可能という特徴がある。

【0005】ところで、圧電素子の型（構造）は、圧電体に加えられる力の方向で分類され、（１）電気軸に平行（縦効果型）、（２）電気軸と直角（横効果型）、（３）電気軸に平行な面内のずれ、の３種類がある。

【0006】これらの中で、横効果型のものは、片持ち梁、あるいは両端固定梁の弾性板に接着して、小型、高感度そして微小な加速度や振動を検出するセンサとして使用可能である。

【0007】また、逆圧電効果により、高性能のアクチュエータとしても使用可能である。特に２枚の圧電体薄板を互いの分極方向が反転するように貼り合わせたバイ

## 6

モルフといわれる構造の素子は、振動板を備えていない構成でありながら、大きな変位量が得られることが知られている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このバイモルフ素子は、製造時の圧電体薄板の基板への接着が不完全あるいは不揃いであると、感度バラツキが生じる。といて、完全なあるいは品質の揃った接着は、どうしても接着剤の塗布という厚さの制御や硬化時の均一な硬化の制御という現時点では困難な技術が必要であり、このためなかなか困難である。

【0009】また、一方の圧電体薄板は収縮し、他方の圧電体薄板は伸長するため、貼り付け面の如何によっては接着界面では応力が大きくなり、ひいては耐久性等が必ずしも充分とは言えない面があった。

【0010】また、分極処理した圧電体を貼り合わせるため、どうしても圧電体の厚みの最小値に限界があり、ひいては薄膜の圧電体を用いたバイモルフ素子を作製することは非常に困難であった。

【0011】従って、圧電体薄膜を用いた各種の素子では、非圧電体である弾性体の表裏両面に２枚の圧電体薄膜を分極を反転させて貼り合わせたモノモルフ構造の素子が主流であった。この結果、変位量の拡大が困難であった。

【0012】また、鉛系ペロブスカイト系をはじめとする圧電体薄膜は、高温で形成されるため、薄膜にどうしても基板材料との熱膨張係数の差に起因する残留応力が発生する。このため、圧電デバイスの高感度化を図るため成膜基板を加工すると、この残留応力が原因で圧電体薄膜に大きな反りが生じ、ひいてはデバイス作製が困難になる場合があった。

【0013】また、以上の結果、バイモルフ素子の応用として例えばインクジェットヘッド上に多数のインクジェットヘッド素子を形成するため、同一の基板上に多数の圧電体薄膜をインクジェットヘッド素子の配列に従って形成する等のいわゆる微細なパターン化も困難であった。

【0014】また、同じく例えばインクジェットヘッドに応用した場合、小型高性能しかも高階調の美しい印刷が可能なもの等の製造も困難であった。

【0015】このため、かかる欠点のない、しかも安価な薄膜圧電型バイモルフ素子及びその応用技術の開発が望まれていた。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明は、以上の要望に鑑みなされたものであり、金属薄板の両面に分極制御が可能な非貼り付け法により圧電薄膜を直接形成することにより、２個の圧電体の接着工程を不必要にし、圧電素子の感度バラツキを減少させ、薄膜の残留応力による反りの影響を抑えた薄膜圧電型バイモルフ素子とその製造

10

20

30

40

50

に関する技術を提供することにある。具体的には、以下の構成としている。

【0017】請求項1記載の発明においては、金属薄板と、金属薄板の両面に、少くも分極制御が可能な非貼り付け法により互いに分極方向が反転して形成された2つの圧電体部と、2つの圧電体部のそれぞれの反金属薄板側面に形成された電極膜とを有していることを特徴としている。

【0018】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0019】圧電体部は、成膜基板たる金属薄板の両面に、組成や温度を制御する等して分極制御が可能なスパッタリング等の非貼り付け法により互いに分極方向が反転して形成される。

【0020】電極膜は、2つの圧電体部のそれぞれの金属薄板側に形成される。

【0021】以上の他、圧電素子として機能発揮するべき必要な結線等がなされており、またこれらを有しているのは勿論である。

【0022】また、分極制御の他、圧電素子の結晶構造の制御が可能な方法等で形成されてもよいのは勿論である。

【0023】請求項2記載の発明においては、圧電体部は、材料の面からは少なくとも2種以上の組成の異なる圧電体薄膜の積層体や厚み方向に組成が連続的に変化した圧電体薄膜等の層方向材料変化圧電体であり、伸縮の面からは、材料の変化に相応して成膜基板たる金属薄板と電極膜とにより電界が加えられた場合には、中心にあるため、曲げに際して伸縮がほとんどない金属薄板に近い層や部分が外側の電極膜に近い層や部分に比較して伸び、若しくは縮みによる歪みが小さい膜厚方向伸縮調整型圧電体部であることを特徴としている。

【0024】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0025】圧電体部は膜厚方向伸縮調整型圧電体部であり、このため材料の面からは少なくとも2種以上の組成の異なる圧電体薄膜の積層体や厚み方向に組成が連続的に変化した圧電体薄膜等の層方向材料変化圧電体である。また、伸縮の面からは、材料の変化に相応して金属薄板と電極膜とにより電界が加えられた場合には、中心に存在する事実上伸縮しない剛体の金属薄板に近い層や部分が、電極膜に近い層や部分に比較して伸び、若しくは縮みによる歪みが小さいため、無理な応力が発生し難い。

【0026】請求項3記載の発明においては、金属薄板の両面の圧電体部はその分極方向が同じ同方向分極圧電体部であり、金属薄板若しくはその外表面の2つの電極膜のいずれかは、電位的に接地されている接地金属薄板であることを特徴としている。

【0027】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0028】金属薄板の両面の圧電体部は、その分極方向が反対の反対方向分極圧電体部であり、金属薄板は、

電位的に接地されている接地金属薄板であり、2つの電極膜との間で同じ電位が与えられる。このため比較的低い電圧での駆動が可能となる。

【0029】請求項4記載の発明においては、金属薄板の両面の圧電体部は、その分極方向が同じの同方向分極圧電体部であり、金属薄板と2組の電極膜間に逆方向の電位を与える逆方向電位付与手段を有している。

【0030】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0031】金属薄板の両面の圧電体部は、その分極方向が同じの同方向分極圧電体部である。そして、逆方向電位付与手段は、金属薄板と2組の電極膜間に金属薄板の両面で逆方向の電位を与える。

【0032】請求項5記載の発明において、圧電体部は、その圧電体薄膜厚さが、 $10\mu\text{m}$ 以下である $10\mu\text{m}$ 以下厚圧電体部であることを特徴としている。

【0033】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0034】圧電体部は $10\mu\text{m}$ 以下厚圧電体部であり、そのため圧電体薄膜はその形成に要する時間が短く、この一方組成の制御等の容易な $10\mu\text{m}$ 以下である。

【0035】なお、この場合、成膜基板たる金属薄板は、圧電体部の分極の制御、自身の歪発生防止等の面から、材質にもよるがSUS304の場合で $200\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ 、好ましくは $100\mu\text{m}$ から $50\mu\text{m}$ が適当である。ただし、用途や材質によってはこの限りではない。

【0036】請求項6記載の発明においては、金属薄板は、中心部の比較的厚い薄板本体と、薄板本体中の物質が圧電体部に拡散するのを防止するためその両面に $0.1\mu\text{m}\sim 0.2\mu\text{m}$ 程度の比較的薄く形成された拡散防止用金属膜を有していることを特徴としている。

【0037】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0038】金属薄板は、成膜基板の役を担う中心部の比較的厚い薄板本体と、薄板本体中の圧電体に悪影響を与えるCr等の物質が圧電体部に拡散するのを防止するためその両面に薄く形成されたPt等の拡散防止用金属膜を有している。

【0039】なおこの場合、この拡散防止用金属膜は、成膜基板全面に形成されていてもよいし、圧電体部形成部やそれに多少余裕を見た部分にのみ形成されていてもよいのは勿論である。

【0040】請求項7記載の発明においては、共通の成膜基板としての金属薄板とその表裏両面に直接形成された複数の薄膜圧電型バイモルフ素子とを有する力学量検出端を使用してなる力学量検出器であって、複数の力学量検出端は、金属薄膜のなす面上に相互に方向の相違する複数のものが形成されてなる多軸方向力学量検出端であることを特徴としている。

【0041】上記構成により、金属薄板とその表裏両面に直接形成された複数の薄膜圧電型バイモルフ素子とを



有する力学量検出端を使用してなる力学量検出器において、以下の作用がなされる。

【0042】複数の力学量検出端は、多軸方向力学量検出端であり、金属薄膜のなす面上に相互に方向の相違する、そして原則として同時に形成されるが故に同一面では特性が原則として同じ複数のものが形成されてなる。

【0043】請求項8記載の発明においては、金属薄板とその表裏両面に圧電体部が分極制御が可能な非貼り付け法により形成された薄膜圧電型バイモルフ素子からなる力学量検出端を $n$  ( $n$ は、2以上の整数)個1組として使用してなる力学量検出器であって、 $n$ 個1組の力学量検出端は、共通の金属薄板の両面所定の位置に上下

(表裏)対称の位置に圧電体部が各面 $n$ 個形成された後、各圧電体部の形成された部分の金属薄板に所定の切断や折り曲げ加工等を行なうことにより相互に直交する等の $n$ 個の薄膜圧電型バイモルフ素子に対応する方向の力学量を検出する多軸方向力学量検出端であることを特徴としている。

【0044】上記構成により、金属薄板とその表裏両面に圧電体部が分極制御が可能な非貼り付け法により形成された薄膜圧電型バイモルフ素子からなる力学量検出端を $n$ 個1組として使用してなる力学量検出器において、以下の作用がなされる。

【0045】 $n$ 個1組の力学量検出端は多軸方向力学量検出端であり、共通の金属薄板の両面所定の位置に圧電体部が1組当たり各面 $n$ 個、例えば3個、形成された後、各圧電体部の形成された部分の厚さの均一な金属薄板に所定の切断や折り曲げ加工等を行なうことにより相互に直交する $n$ 個の薄膜圧電型バイモルフ素子に対応する方向の力学量を検出する。

【0046】請求項9記載の発明においては、金属薄板とその表裏両面に圧電体部が分極制御が可能な非貼り付け法により形成された薄膜圧電型バイモルフ素子からなる力学量検出端を $n$ 個1組として使用してなる力学量検出器であって、 $n$ 個1組の力学量検出端は、あらかじめ所定の形状にされた共通の金属薄板の両面所定の対称の位置に圧電体部が1組当たり各面 $n$ 個形成された後、各圧電体部の形成された部分の金属薄板に圧電体形成時の形状維持用に残された細い梁部の切断や所定の折り曲げ加工等を行なうことにより相互に直交する等所定の角度で交わる $n$ 個の薄膜圧電型バイモルフ素子に対応する方向の力学量を検出する多軸方向力学量検出端であることを特徴としている。

【0047】上記構成により、金属薄板とその表裏両面に圧電体部が分極制御が可能な非貼り付け法により形成された薄膜圧電型バイモルフ素子からなる力学量検出端を $n$ 個1組として使用してなる力学量検出器において、以下の作用がなされる。

【0048】 $n$ 個1組の力学量検出端は、多軸方向力学量検出端であり、あらかじめ所定の形状にされた共通の

金属薄板の両面所定の位置に圧電体部が各面 $n$ 個形成された後、各圧電体部の形成された部分の金属薄板に圧電体形成時の形状維持用に残された細い梁部の切断や所定の折り曲げ加工やその他折り曲げ後の固定処理等を行なうことにより相互に直交する等所定の角度で交わる $n$ 個の薄膜圧電型バイモルフ素子に対応する方向の力学量を検出する。

【0049】請求項10記載の発明においては、金属薄板とその表裏両面に圧電体部が分極制御が可能な非貼り付け法により形成された薄膜圧電型バイモルフ素子からなる力学量検出端を複数使用してなる力学量検出器であって、複数の力学量検出端は、共通の金属薄板の両面所定の位置に圧電体部が各面複数個形成された後、各圧電体部の形成された金属薄板に、エッチングやレーザーを使用しての所定の切断加工等を行なうことにより、相互に固有振動数の相違する複数のものが同一平面状に形成されてなる周波数解析用力学量検出端であることを特徴としている。

【0050】上記構成により、金属薄板とその表裏両面に圧電体部が分極制御が可能な非貼り付け法により形成された薄膜圧電型バイモルフ素子からなる力学量検出端を複数使用してなる力学量検出器において、以下の作用がなされる。

【0051】複数の力学量検出端は周波数解析用力学量検出端であり、共通の金属薄板の両面所定の位置に圧電体部が各面複数個形成された後、各圧電体部の形成された金属薄板に所定の切断加工等を行なうことにより、相互に固有振動数の相違する複数のものが同一平面状に形成されてなる。なお、実際の使用に応じて各素子に同一若しくは相違する所定の角度が付与され、また必要な結線、取付け処理がなされているのは本発明に含まれるのは勿論である。

【0052】なおまた、解析する周波数としては、加速度、流体振動等その種類を問わないのも勿論である。

【0053】請求項11記載の発明においては、金属薄板とその表裏両面に圧電体部が分極制御が可能な非貼り付け法により形成された薄膜圧電型バイモルフ素子からなる力学量検出端を複数使用してなる力学量検出器であって、複数の力学量検出端は、圧電体形成時の形状維持用に残された細い梁部はともかくあらかじめ所定の形状に切断された共通の金属薄板の両面所定の位置に圧電体部が各面複数個形成された後、各圧電体部の形成された金属薄板、特に細い梁部に所定の切断加工等を行なうことにより、相互に固有振動数の相違する複数のものが相互の振動が影響しあわない状態で、同一平面状に形成されてなる周波数解析用力学量検出端であることを特徴としている。

【0054】上記構成により、金属薄板とその表裏両面に圧電体部が分極制御が可能な非貼り付け法により形成された薄膜圧電型バイモルフ素子からなる力学量検出端

を複数使用してなる力学量検出器において、以下の作用がなされる。

【0055】複数の力学量検出端は周波数解析用力学量検出端であり、圧電体形成時の形状維持用に残された細い梁部はともかくあらかじめ所定の形状に切断された共通の金属薄板の両面所定の位置に圧電体部がスパッタリングやパターニングにより各面複数個形成された後、各圧電体部の形成された金属薄板に所定の切断加工等を行なうことにより各素子を振動の面からは独立させ、相互に固有振動数の相違する複数のものが同一平面状に形成されてなる。

【0056】請求項12記載の発明においては、金属薄板の表裏両面に直接形成された複数の薄膜圧電型バイモルフ素子は、請求項1、同2、同3、同4、同5若しくは同6のいずれかに記載している薄膜圧電型バイモルフ素子であることを特徴としている。

【0057】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0058】請求項1、同2、同3、同4、同5若しくは同6のいずれかに記載している薄膜圧電型バイモルフ素子が金属薄板の表裏両面に直接形成される。

【0059】請求項13記載の発明においては、圧力室を備えたインク流路構造体と、該インク流路構造体の圧力室形成面上に形成されたインクを吐出させるための薄膜圧電型バイモルフ素子を使用するアクチュエータを有するインクジェットヘッドであって、アクチュエータは、金属薄板と、該金属薄板の表裏両面に直接形成された薄膜型圧電型バイモルフ素子とを有していることを特徴としている。

【0060】上記構成により、圧力室を備えたインク流路構造体と、該インク流路構造体の圧力室形成面上に形成されたインクを吐出させるための薄膜圧電型バイモルフ素子を使用するアクチュエータを有するインクジェットヘッドにおいて、以下の作用がなされる。

【0061】アクチュエータは、耐インク性のあるSU SやCr等からなる金属薄板と、該金属薄板の表裏両面に直接形成された薄膜型圧電型バイモルフ素子と、その他結線やインクに接する部分の絶縁用の有機あるいは無機物質製の薄膜等の必要な部品を有している。

【0062】請求項14記載の発明においては、インクを吐出させるための薄膜圧電型バイモルフ素子は、請求項1、同2、同3、同4、同5若しくは同6のいずれかに記載している薄膜圧電型バイモルフ素子であることを特徴としている。

【0063】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0064】請求項1、同2、同3、同4、同5若しくは同6のいずれかに記載している薄膜圧電型バイモルフ素子が、インクを吐出させるための薄膜圧電型バイモルフ素子として使用されているため、各アクチュエータの特性が均一等の効果を有する。

【0065】請求項15記載の発明においては、金属薄

板の両面に圧電体薄膜を少くも分極制御が可能な非貼付法で直接形成する圧電体薄膜形成ステップと、形成された圧電体膜に電極膜を形成する電極膜形成ステップと、形成された圧電体薄膜及び電極膜を素子の配列から定まる所定の形状にパターニングしてパターニングされた薄膜圧電型バイモルフ素子を形成するパターニングステップとを有していることを特徴としている。

【0066】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0067】圧電体薄膜形成ステップにて、金属薄板の両面に圧電体薄膜を分極制御が可能な非貼付法で直接形成する。電極膜形成ステップにて、形成された圧電体膜に電極膜を形成する。パターニングステップにて、形成された圧電体薄膜及び電極膜をフォトリソグを使用する等して所定の形状にパターニングして各素子を孤立化してパターニングされた薄膜圧電型バイモルフ素子を形成する。

【0068】請求項16記載の発明においては、金属薄板の両面に、その表裏で分極方向が互いに反転した、そして、組成の異なる複数の層（含む、圧電体として機能発揮しない組成の層）あるいは組成が連続的に異なる層から構成される圧電体薄膜を分極制御が可能な非貼り付け法で形成する圧電体薄膜形成ステップと、形成された両面の圧電体薄膜上に各々電極膜を形成する電極膜形成ステップとを有していることを特徴としている。

【0069】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0070】圧電体薄膜形成ステップにて、金属薄板の両面对称の位置に（必ずしも、厚さや組成が対称とは限らない）、その表裏で分極方向が互いに反転した、そして、組成の異なる複数の層あるいは組成が連続的に異なる層から構成される圧電体薄膜を分極制御が可能な非貼り付け法で形成する。電極膜形成ステップにて、形成された両面の圧電体薄膜上に各々電極膜を形成する。

【0071】請求項17記載の発明においては、金属薄板の一方の面に第1圧電体薄膜を分極制御が可能な非貼り付け法で形成する第1圧電体薄膜形成ステップと、金属薄板の他方の面に、第1圧電体薄膜形成時よりも低い基板温度のもとでヒーターを調整する等して形成温度を制御することにより、第1の圧電体薄膜と分極方向が同じ第2の圧電体薄膜を分極制御が可能な非貼り付け法で形成する第2圧電体薄膜形成ステップと、形成された第1圧電体薄膜及び第2圧電体薄膜上に各々電極膜を形成する電極膜形成ステップとを有していることを特徴としている。

【0072】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0073】第1圧電体薄膜形成ステップにて、成膜基板たる金属薄板の一方の面に第1圧電体薄膜を原則として全面に分極制御が可能な非貼り付け法で直接形成する。第2圧電体薄膜形成ステップにて、金属薄板の他方の面に、第1圧電体薄膜形成時よりも低い基板温度のもとで形成温度を制御することにより、第1の圧電体薄膜



と分極方向が同じ第2の圧電体薄膜を分極制御が可能な非貼り付け法で形成する。電極膜形成ステップにて、形成された第1圧電体薄膜及び第2圧電体薄膜上に、それら両膜が既にパターンニング（必要な形状での孤立化）されているか否かは別にして、ともかく各々電極膜を形成する。

【0074】以上の他、圧電体膜が既にパターンニングされているならばレジストの除去、されていないならば圧電体膜と電極膜のパターンニング等が必要に応じてなされるのは勿論である。

【0075】請求項18記載の発明においては、第1圧電体薄膜形成ステップ及び第2圧電体形成ステップは、組成の異なる複数の層あるいは組成が連続的に異なる層から構成される圧電体薄膜を形成する膜層変化形圧電体薄膜形成ステップであることを特徴としている。

【0076】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0077】第1圧電体薄膜形成ステップ及び第2圧電体形成ステップは、膜層変化形圧電体薄膜形成ステップであり、このため組成の異なる複数の層あるいは組成が連続的に異なる層から構成される圧電体薄膜を形成する。

【0078】請求項19記載の発明においては、圧電体薄膜形成ステップ、第1圧電体薄膜形成ステップ及び第2圧電体形成ステップによる金属薄板への圧電体薄膜の形成に先立って、成膜基板たる金属薄板の両面にCr等その内部物質が圧電体部に拡散するのを防止するための安定した金属の薄膜を形成する安定金属薄膜形成ステップを有していることを特徴としている。

【0079】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0080】圧電体薄膜形成ステップ、第1圧電体薄膜形成ステップ及び第2圧電体形成ステップによる金属薄板への圧電体薄膜の形成に先立って、安定金属薄膜形成ステップにて、金属薄板の両面にその内部物質が圧電体部に拡散するのを防止するための安定した金属の薄膜を化学蒸着、めっき、スパッタリング等何等かの手段で形成する。従って、金属薄板の種類によっては、このステップが不必要なのは勿論である。

【0081】請求項20記載の発明においても、金属薄板若しくは拡散防止用金属層の形成された金属薄板の両面に分極制御が可能な非貼り付け法により圧電体薄膜を形成する圧電体薄膜形成ステップと、形成された圧電体薄膜上に電極膜を形成する電極膜形成ステップと、形成された圧電体薄膜と電極膜とを所定の形状にパターンニングするパターンニングステップと、パターンニングステップ終了後、金属薄板を加工してn個1組の薄膜圧電型バイモルフ素子からなる圧電効果型検出部を少くも1組形成するn個組圧電効果型検出部形成ステップと、形成された圧電効果型検出部の形成された金属薄板に、各薄膜圧電型バイモルフ素子が相互に影響しないよう所定の切断線を入れる部分切断ステップと、部分切断ステップにて

各1個の薄膜圧電型バイモルフ素子が形成された半切断金属薄板各部を相互に相直交する方向に折り曲げて多次元構造を作成する多次元構造作成ステップを有していることを特徴としている。

【0082】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0083】圧電体薄膜形成ステップにて、燐青銅、ベリリウム青銅あるいはSUS304等の金属薄板若しくは拡散防止用金属層の形成された金属薄板の両面に分極制御が可能な非貼り付け法により圧電体薄膜を形成する。電極膜形成ステップにて、形成された圧電体薄膜がパターンニングされているか否かはともかく、その上に電極膜を形成する。パターンニングステップにて、形成された圧電体薄膜と電極膜とを所定の形状にパターンニングする。

【0084】従って、既にパターンニングがなされている圧電体薄膜上に電極膜が形成されているならば、本パターンニングステップの一部（半分）は電極膜形成ステップに先立ってなされることとなる。

【0085】パターンニングステップ終了後、n個組圧電効果型検出部形成ステップにて、金属薄板を加工してn個1組の薄膜圧電型バイモルフ素子からなる圧電効果型検出部を少くも1組形成する。部分切断ステップにて、形成された圧電効果型検出部の形成された金属薄板に、各薄膜圧電型バイモルフ素子が相互に影響しないよう所定の切断線を入れる。多次元構造作成ステップにて、部分切断ステップにて各1個の薄膜圧電型バイモルフ素子が形成された半切断金属薄板各部を相互に所定の角度で交わる方向に折り曲げて多次元構造を作成する。また、必要に応じての曲がり部の金属の当該部のみの加熱そして急冷による熱処理や硬化性樹脂の塗布による曲がりの固定化（安定化）等もなされる。

【0086】従って、nが3、所定の角度が90°ならば、立体の3次元構造となる。

【0087】請求項21記載の発明においては、金属薄板若しくは拡散防止用金属層の形成された金属薄板の両面に分極制御が可能な非貼り付け法により圧電体薄膜を形成する圧電体薄膜形成ステップと、形成された圧電体薄膜上に電極膜を形成する電極膜形成ステップと、形成された圧電体薄膜と電極膜とを所定の形状にパターンニングするパターンニングステップと、パターンニングステップ終了後、金属薄板を加工して、幅や長さが相違するため固有振動数の異なるそして薄膜圧電型バイモルフ素子を少くも2つ有する圧電効果型検出部を形成する周波数検出用圧電効果型検出部形成ステップと、少くも2個の圧電横効果部の形成された金属薄板に、各圧電効果部が相互に影響しないよう所定の切断線を入れる部分切断ステップとを有していることを特徴としている。

【0088】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0089】圧電体薄膜形成ステップにて、金属薄板若しくは拡散防止用金属層の形成された金属薄板の両面に

分極制御が可能な非貼り付け法により圧電体薄膜を形成する。電極膜形成ステップにて、形成された圧電体薄膜上に電極膜を形成する。パターンニングステップと、形成された圧電体薄膜と電極膜とを所定の形状にパターンニングする。パターンニングステップ終了後、周波数検出用圧電効果型検出部形成ステップにて、金属薄板を加工して少なくとも2つの固有振動数の異なるそして薄膜圧電型バイモルフ素子を有する圧電効果型検出部を形成する。部分切断ステップにて、少なくとも2個の圧電横効果部の形成された金属薄板に、各圧電効果部が相互に影響しないよう所定の切断線を入れる。

【0090】請求項22記載の発明においては、共通の成膜基板としての金属薄板若しくは拡散防止用金属層の形成された金属薄板の両面に分極制御が可能な非貼り付け法により圧電体薄膜を形成する圧電体薄膜形成ステップと、形成された圧電体薄膜上に電極膜を形成する電極膜形成ステップと、形成された圧電体薄膜と電極膜とをインクジェットヘッド上のインクジェットヘッド素子の配列に対応してアクチュエータを形成するパターンニングするアクチュエータ形成用パターンニングステップと、該アクチュエータ形成用パターンニングステップ終了後、多数のアクチュエータの形成された金属薄板をインク流路構造体に接着する接着ステップを有していることを特徴としている。

【0091】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0092】圧電体薄膜形成ステップにて、金属薄板若しくは拡散防止用金属層の形成された金属薄板の両面に分極制御が可能な非貼り付け法により圧電体薄膜を形成する。電極膜形成ステップにて、形成された圧電体薄膜上に電極膜を形成する。パターンニングステップは、アクチュエータ形成用パターンニングステップにて、インクジェットヘッド上の各色用のインクジェットヘッド素子の配列に対応してアクチュエータを形成するためパターンニングする。該アクチュエータ形成用パターンニングステップ終了後、接着ステップにて、多数のアクチュエータの形成された金属薄板をインク流路構造体に接着する。

【0093】以上の他、必要な結線、絶縁処理等がなされるのは勿論である。

【0094】

【実施の形態】以下、本発明をその実施の形態に基づい

て説明する。

【0095】（第1の実施の形態）本実施の形態は、成膜基板の両面に圧電体薄膜を少くも分極制御が可能な方法で直接形成した薄膜圧電型バイモルフ素子とその製造方法に関する。

【0096】図1にその断面構造を、図2にその製造の進展に伴う断面の変化の様子を示す。

【0097】以下、両図を基にその成作の手順を示す。

【0098】（a）厚さ50 $\mu$ mのSUS304を、中間の成膜基板101として用いた。そして、この成膜基板101の両面に各々Pt製の第1電極膜102を形成した。

【0099】なお、この第1電極膜は、SUS304中のクロムが圧電体内へ侵入するのを防止するためである。従って、成膜基板の材質の如何によっては必ずしも必要なものではない。

【0100】（b）成膜基板の表裏の第1電極膜の外面に圧電体部を構成する互いに分極方向が異なった第1圧電体薄膜103と第2圧電体薄膜104を形成した。

【0101】（c）これらの圧電体薄膜の外面に外部（第2）電極膜105を各々形成した。

【0102】次に、具体的な形成方法であるが、第1電極膜102及び第2電極膜105は、表裏とも高周波マグネトロンスパッタ法によりPt薄膜を形成した。スパッタ成膜条件は、基板温度が500～700℃、スパッタガスはArと酸素の混合ガス（95/5～80/20）であり、ガス圧は0.1～5Pa、高周波投入パワー密度は1～5W/cm<sup>2</sup>（13.56MHz）で、成膜時間は1時間であった。

【0103】形成した膜の厚さは0.15 $\mu$ mであった。

【0104】圧電体薄膜は、表1に示した材料を用いて、同じく表1に記載した成膜条件により形成した。形成した膜厚は、各々3 $\mu$ mである。

【0105】本表1の条件で成膜することにより、すべての誘電体は、正方晶の結晶構造を持ち、その分極軸が基板面に対して垂直方向に優先配向したc軸配向多結晶膜が得られた。

【0106】

【表1】

## 圧電体薄膜の成膜条件

圧電体材料	ターゲット組成	基板温度		スパッタガス (Ar/O <sub>2</sub> =%/%)	ガス圧 (Pa)	高周波パワー 密度(W/cm <sup>2</sup> )	膜厚 (μm)
		103 形成 基板温度	104 形成 基板温度				
PLT	PbO, La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> 粉末の混合 (20mol%のPbO過剰)	570~ 630℃	670~ 720℃	50/50~98/2	0.1~ 5.0	1~5	3μm
PbTiO <sub>3</sub>	PbO, TiO <sub>2</sub> 粉末の混合 (20mol%のPbO過剰)	570~ 630℃	670~ 720℃	50/50~98/2	0.1~ 5.0	1~5	3μm
PZT	PZT焼結体 (20mol%のPbO過剰)	570~ 630℃	670~ 720℃	50/50~98/2	0.1~ 5.0	1~5	3μm
PLZT	PLZT焼結体 (20mol%のPbO過剰)	570~ 630℃	670~ 720℃	50/50~98/2	0.1~ 5.0	1~5	3μm

1) すべての材料を高周波マグネトロンスパッタ法で作製した。(周波数は13.56MHz)

2) PLT=Pb<sub>0.9</sub>La<sub>0.1</sub>Ti<sub>0.975</sub>O<sub>3</sub> 3) PZT=PbZr<sub>0.50</sub>Ti<sub>0.50</sub>O<sub>3</sub> 4) PLZT=Pb<sub>0.9</sub>La<sub>0.1</sub>(Zr<sub>0.1</sub>Ti<sub>0.9</sub>)<sub>0.975</sub>O<sub>3</sub>

金属薄板は、その熱膨張係数が大きいため、圧電体薄膜形成後の冷却過程での熱応力を緩和するため、(001)に優先配向した圧電体薄膜が得られるものと推定される。しかも、この薄膜は、成膜後の状態においても分極の方向がほぼ一方に揃っており、分極処理なしの状態

で圧電デバイスとして機能する特徴がある。  
【0107】ところで、この場合には基板の両面に同じ条件で圧電体薄膜を形成したため、第1及び第2圧電体薄膜の分極方向は、図3に矢印で示すように互いに反転していることとなる。

【0108】本図において、上下の第2電極膜間に電圧をかけると、上部の圧電体部は例えば伸び(縮み)、下部の圧電体部は逆に縮み(伸び)、このためこのパイモルフ型素子は下方(上方)へ突出して曲がることとなる。

【0109】また逆に、パイモルフ型素子が外力により

曲げられた場合には、2つの圧電素子の出力が合算されるため、比較的高い電圧が発生することとなる。

【0110】次に、この素子の用途によって、形成された圧電体部等を適切な形状にしたり、孤立化したりすることとなる。以下、これについて説明する。

【0111】まず、最外面層に形成された第2電極膜を、スパッタエッチングによりパターニングした。この際のPt薄膜のエッチング条件は、真空度0.06 Torr, Arガス流量10sccm、プラズマパワー170Wのもとで、15分を要した。

【0112】続いて、第1圧電体薄膜と第2圧電体薄膜をパターニングした。パターニングのプロセス条件を表2に示す。

【0113】

【表2】

## 圧電体薄膜のパターニング方法

圧電体材料	エッチング方法	プロセス条件	膜厚	パルス時間
PLT	Chemical	HF/HNO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O=5/1/15~5/20/15, エッチャント温度=25℃	3μm	3 min
PbTiO <sub>3</sub>	Chemical	HF/HNO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O=5/1/15~5/20/15, エッチャント温度=25℃	3μm	3 min
PZT	Chemical	HF/HNO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O=5/1/15~5/20/15, エッチャント温度=25℃	3μm	3 min
PLZT	Chemical	HF/HNO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O=5/1/15~5/20/15, エッチャント温度=25℃	3μm	3 min

1) PLT=PbZr<sub>0.9</sub>La<sub>0.1</sub>Ti<sub>0.975</sub>O<sub>3</sub> 2) PZT=PbZr<sub>0.50</sub>Ti<sub>0.50</sub>O<sub>3</sub> 3) PLZT=Pb<sub>0.9</sub>La<sub>0.1</sub>(Zr<sub>0.1</sub>Ti<sub>0.9</sub>)<sub>0.975</sub>O<sub>3</sub>

4) Chemical=chemical etching:化学エッチング

そして、最後に表裏の第1電極膜を上記電極膜5と同じ条件でパターニングした。

【0114】本実施の形態では、成膜基板の表裏両面の圧電体薄膜が相互に直接接着されたりしてはいない。従って、接着のバラツキによる素子の感度のバラツキが発生しない。更に、圧電体薄膜は分極処理が不要であるだけでなく、基板温度の制御により分極方向を制御する

ことが可能である。

【0115】以上の結果、たとえ圧電体の厚さが非常に小さくても、互いの分極の方向が反転したパイモルフ素子を連続した成膜プロセスにより、すなわち接着工程なしに、容易に製作可能となる。更に、分極処理を行うことにより圧電特性は一層向上することとなる。

【0116】次に、材料であるが、成膜基板としての金

属薄板は、SUS以外に、例えば、Ti、Pt等の薄板としてもよい。

【0117】また、第1電極膜としては、Pt以外に、例えば、Au、Pd、Ag等の貴金属を使用してもよい。

【0118】なお、酸化、腐蝕等により素子の振動特性が多少とも変化しても不都合の生じない用途やその恐れがない用途に使用するならば、貴金属や耐蝕金属（合金）以外の金属を使用してもよいのは勿論である。

【0119】次に、圧電薄膜の組成であるが、これは表1に示す物質の他に、 $Pb_x La_y Ti_z Zr_w O_3$  で表され、ここにx、y、z、wは、

1)  $0.7 \leq x \leq 1, x+y=1, 0.925 \leq z \leq 1, w=0$

2)  $x=1, y=0, 0 \leq z \leq 0.50, z+w=1$

3)  $0.75 \leq x < 1, x+y=1, 0.3 \leq z < 1, z+w=1$

の式を充たす組成の物質であるならば、同様な結果が得られた。ここに、Laはランタノイドである。

【0120】最後に、分極軸の方向について説明する。

【0121】圧電体薄膜の分極軸の方向は、組成により変化する。PZTは、Zr/Ti比により、その結晶構造が変化する。これを、図4に示す。

【0122】本図に示すように、菱面体結晶構造では(111)方向が分極軸である。

【0123】この一例を示すならば、圧電体薄膜として、 $PbZr_{0.56}Ti_{0.44}O_3$  というZr/Ti比が異なる以外は表1に示すもののPZTと全く同一条件で形成した。

【0124】このPZT薄膜は菱面体結晶構造を持ち、その分極軸は(111)方向である。しかし、作製した圧電体薄膜は、(001)配向の多結晶であった。従って、基板面に対して垂直な方向に、分極軸が配向している構造ではない。

【0125】しかしながら、この菱面体構造の圧電体薄膜も、分極が一方の(111)に揃っており、分極処理なしの状態でも圧電デバイスとして機能する特徴を備えている。

【0126】従って、必ずしも、分極軸が基板面に対して垂直に配向した圧電体薄膜のみに本発明が限定されるわけではない。なお、(111)軸が分極軸となる組成は、圧電体薄膜の組成が $Pb_x La_y Ti_z Zr_w O_3$  のとき、x、y、z、wが以下の式を充たす場合である。

【0127】1)  $x=1, y=0, 0.5 \leq z \leq 1, 0, z+w=1$

2)  $0.9 \leq x < 1, x+y=1, 0 \leq z < 0.5, z+w=1$

(第2の実施の形態) 本実施の形態は、圧電体薄膜を多層構造とし、更に各層の圧電定数を成膜基板側より外表

面側へ向かって順に大きくしたものである。

【0128】図5の(a)に、本実施の形態の薄膜圧電型バイモルフ素子を示す。

【0129】本実施の形態の薄膜圧電型バイモルフ素子も、先の第1の実施の形態と同様の方法にて作製した。ただし、以下の2点が相違する。

【0130】1) 圧電体薄膜が、厚さ方向に組成及び圧電特性が変化した複数層のあるいは同じく組成及び圧電特性が連続的に変化した膜(層)から構成されている。

【0131】2) 圧電体薄膜の圧電定数は、中央の成膜基板101からそれぞれの圧電体薄膜の外表面へ向かうに従って増加する。

【0132】以下、本実施の形態のこの圧電体薄膜について詳しく説明する。

【0133】さて、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)は、その圧電特性が組成により変化することが知られている。図4に、PZT焼結体の誘電及び圧電特性とZr/Ti比の関係を示す。本図にて、PZTの電気機械結合定数は、Zr/Ti比により大きく変化しているのがわかる。

【0134】従って、Zr/Ti比の異なるPZT薄膜を積層する事により、厚さ方向に圧電特性が変化したバイモルフ素子を製造することが可能となる。そして、そのようなPZT薄膜の形成は、図6に、その原理を示すようなPb、Ti及びZrの金属ターゲットを備えた多元スパッタ装置を使用して行なう。

【0135】さて、組成の制御であるが、この装置で各ターゲットに印加するRF(高周波)パワーを制御する事によりなされる。図5の(b)に分極方向を示した素子の断面を示す。

【0136】次に、製造手順について図7を参照しつつ説明する。

【0137】(a)成膜基板101の表裏両面に第1電極膜を形成する。

【0138】(b)一方の面の第1電極膜の外表面に、厚さ方向(反成膜基板側)に順に圧電定数が増加する3つの圧電体薄膜層203a、203b、203cからなる第1の圧電体膜203をZr/Ti比を変化させて形成する。

【0139】(c)他方の面にも、第1電極膜の外表面に、厚さ方向(反成膜基板側)に順に圧電定数が増加する、そして上記第1の面の圧電体薄膜層と分極方向が逆の3つの圧電体薄膜層204a、204cからなる第2の圧電体膜204をZr/Ti比を変化させて形成する。

【0140】(d)表裏の圧電体薄膜層の外表面に、第2電極膜を形成する。

【0141】しかる後、素子の用途等に応じて各種のパターニングをなすこととなる。

【0142】本実施の形態の圧電体薄膜であるが、具体

的には、表 3 に示すような、組成の異なる 3 層の PZT からなる。

【0143】

【表 3】

圧電体薄膜の成膜条件

圧電体薄膜 配向方向	圧電体層 番号	圧電体薄膜組成	基板温度		膜厚 ( $\mu\text{m}$ )
			103 形成基板温度	104 形成基板温度	
(001)	203c, 204a	$\text{PbZr}_{0.30}\text{Ti}_{0.70}\text{O}_3$	570~630℃	670~720℃	1.0 $\mu\text{m}$
	203b, 204b	$\text{PbZr}_{0.45}\text{Ti}_{0.55}\text{O}_3$	570~630℃	670~720℃	1.0 $\mu\text{m}$
	203a, 204c	$\text{PbZr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48}\text{O}_3$	570~630℃	670~720℃	1.0 $\mu\text{m}$

さて、2 つの圧電体部の外表面側から同一方向の電圧をかけるタイプの圧電型バイモルフ素子では、分極方向が異なる 2 層の圧電体の伸縮方向は逆である。このため、電圧印加により第 1 の圧電体薄膜が伸びる場合には第 2 の圧電体薄膜は収縮し、前者が収縮する場合には後者が伸びることとなる。従って、両方の圧電体薄膜の界面の応力が大きくなる。また、中心部に金属が存在する場合には、中心部にあるため金属自体は伸縮しないものの金属の剛性は圧電体よりはるかに大きいため、金属面に接触（接着）している部分の圧電体には大きな引張若しくは圧縮応力が発生し、特に圧電体はその性質上引張力に弱いので、引張力の発生する側の疲労（耐久性）が問題となる。

【0144】しかし、本圧電バイモルフ素子では、両方の圧電体膜の界面に近い圧電体層の圧電定数を小さくし、厚み方向に大きくなる圧電定数の分布を持つため、界面付近の圧電体薄膜の歪み量が小さい。このため、界面で発生する応力を緩和できる。この結果、バイモルフ素子全体の耐久性が向上する。

【0145】なお、本実施の形態では、組成の異なる圧電体薄膜を積層したが、これは組成を連続的に変化させてもよいのは勿論である。

【0146】（第 3 の実施の形態）本実施の形態は、分極方向が同じ圧電体薄膜を形成した素子に関する。

【0147】本実施の形態の薄膜圧電型バイモルフ素子を図 8 に、その作製手順の進行に伴う断面の変化する様子を図 9 に示す。

【0148】図 9 の (a)、(b)、(c)、(d) に示すように、本実施の形態においても先の第 1 の実施の形態と同様に形成基板たる金属薄板 101 上両面に Pt 製の第 1 電極 102、第 1 と第 2 の圧電体薄膜 103、104 である PZT ( $\text{PbZr}_{0.50}\text{Ti}_{0.50}\text{O}_3$ )、Pt 製の第 2 電極膜 105 を作製した。

【0149】ただし、第 1 と第 2 の圧電体薄膜 103、104 は (001) 配向して分極処理なしの状態であり、更に図 8 に示すようにその分極の方向が同じであるのが相違する。すなわち、図で下方の第 2 圧電体膜 104 は図 2 に示す下方の第 2 圧電体膜 104 と分極方向

が逆である。

【0150】ここで、第 1 圧電体薄膜は、基板温度 670~720℃ で形成した。この場合、焦電流の方向から判断して、圧電体薄膜から基板面への方向に分極軸が配向していると考えられる。

【0151】一方、第 2 圧電体薄膜は、第 1 圧電体薄膜形成後に基板温度を 570~630℃ に下げた状態にして形成した。この場合、焦電流の方向から判断して、第 2 圧電体薄膜から第 2 電極膜への方向に分極軸が配向していると考えられる。

【0152】次に、この際に分極方向の基板温度依存性について説明する。

【0153】圧電体薄膜が  $\text{PbLa}_{0.1}\text{Ti}_{0.925}\text{O}_3$  の場合の、焦電係数と基板温度の関係を図 10 に示す。なお、本図では、圧電体薄膜表面から第 1 電極膜への方向を、焦電流が正の方向としている。

【0154】以上の結果より、この薄膜圧電型バイモルフ素子は、図 9 に矢印で示す分極状態にあるものと判断される。

【0155】さて、本実施の形態の場合の結線であるが、これは図 9 に示すように、形成基板そして第 1 の電極を接地し、第 1 及び第 2 圧電体薄膜の外表面側に存在する第 2 電極膜を互いに接続することとなる。そしてこれにより、2 つの圧電体薄膜には逆方向の圧電が生じ、ひいては比較的低い電圧で駆動される並列型の薄膜圧電型バイモルフ素子が形成される。

【0156】本実施の形態では、圧電体が薄膜のため、長さが異なる片持ち梁を同一形成基板上に複数個作製する事が可能となる。従って、加速度センサ等の応用において、幅広い周波数範囲で加速度の検知が可能となる。

【0157】更に、分極方向が互いに異なる圧電体薄膜を連続成膜により形成するため、接着工程が不要である。従って、感度や変位のバラツキ発生を防止できる。

【0158】以上の説明でわかるように、本実施の形態の素子は、加速度や圧力等の力学量のセンサ（検出端）あるいはアクチュエータとして使用する場合に、優れた効果、性能を発揮する。

【0159】（第 4 の実施の形態）本実施の形態は、先

の第 2 の実施の形態と同じく多層の圧電体薄膜を有するが、先の第 3 の実施の形態と同様にその分極方向が表裏で同じものである。

【0160】図 11 に、本実施の形態の薄膜圧電型バイモルフ素子を示す。

【0161】本図の素子の断面図中の矢印は、分極方向を示す。

【0162】先の第 3 の実施の形態と同様にして、薄膜圧電型バイモルフ素子を作製した。本実施の形態においても、Ti と Zr の存在比率を、ひいては圧電定数を順に大きくした 3 層の圧電体 203a、203b、203c からなる第 1 圧電体薄膜 203 は、基板温度 670 ～ 720℃ で形成した。この場合、焦電流の方向から判断して、圧電体薄膜から基板面へ方向に分極軸が配向していると考えられる。

【0163】一方、同様な 3 層の圧電体 2041a、2041b、2041c からなる第 2 圧電体薄膜 2041 は、第 1 圧電体薄膜形成後に基板温度を 570 ～ 630℃ に下げた状態にして形成した。

【0164】第 3 の実施の形態との相違は、以下の 2 点である。

【0165】1) 両方の圧電体薄膜とも、厚さ方向に組成及び圧電特性が変化した複数のあるいは連続した層からなる。

【0166】2) 圧電体薄膜の圧電定数は、中央の形成基板からそれぞれの圧電体薄膜の外表面へ向かうに従って増加する。

【0167】なお、Zr/Ti 比の異なる PZT 薄膜を多元スパッタ装置を使用しても、積層する際に、成膜温度により分極の方向を制御する事が可能である。

【0168】本実施の形態において作成した組成の異なる 3 層の PZT からなる第 1 圧電体膜及び第 2 圧電体膜の組成を表 3 に示す。ところで、本実施の形態では、組成の異なる圧電体薄膜を 3 層積層したが、先の第 2 の実施の形態と同じく組成を連続的に変化した圧電体薄膜とすることも可能である。

【0169】前述のごとく、一般の圧電バイモルフ素子では、分極方向が異なる 2 層の圧電体の伸縮方向が反対であり、その界面の応力が大きくなる。しかし、本実施の形態では、界面に近い圧電体層の圧電定数が小さくなるという分布であるため、界面付近の歪み量を小さくして応力を緩和することが可能となる。この結果、バイモルフ素子全体の強度特に疲労強度あるいは耐久性が向上する。

【0170】(第 5 の実施の形態) 本実施の形態は、薄膜圧電型力学量検出器あるいはその検出端に関する。

【0171】図 12 に、本発明の薄膜圧電型バイモルフ素子を用いた薄膜圧電型力学量検出器を示す。また、図 13 及び図 14 にその 2 つの製作手順を示す。

【0172】この薄膜圧電型力学量検出器は、加速度や

圧力等の精度よい力学量センサあるいは制御性良好なアクチュエータとして好適である。

【0173】次にこの製造方法について説明する。

【0174】図 13 は、金属薄膜両面に圧電体薄膜等を形成し、センサの配置に従ってこれらをパターニングした後、金属薄板を所定の形状にエッチング加工して製造する様子を示すものである。

【0175】以下、本図をもとに、この内容を説明する。

10 【0176】(a) SUS304 製の金属薄板 501 の両面に Pt 等の第 1 電極膜 502 を形成し、その後パターニングする。

【0177】(b) 第 1 圧電体薄膜 503 を、第 1 電極膜の形成された金属薄板の両面に形成する。

【0178】(c) 第 1 圧電体薄膜及び第 2 圧電体薄膜の外表面に第 2 電極膜を形成し、その後これらを本来の検出端の配置に従ってパターニングする。なお、本図の 505 は、パターニングされた第 2 電極膜である。

20 【0179】(d) 金属薄板をエッチングして開孔部 506 を形成する。

【0180】以上により、本図に示す片持梁 508 あるいは両端固定梁構造 509 を形成する。

【0181】また、図 14 は、あらかじめ所定の開孔部 506 が設けられた金属薄板 501 を用いて製造する様子を示すものである。本図の (a) ～ (c) に示すように、この方法においても各膜の順次の形成、必要なパターニングは、図 13 の (a) ～ (c) とほぼ同様である。ただし、金属薄板があらかじめ開孔されているため、薄膜形成に際して必要なレジストを塗布したり、必要に応じての当て板をしておいたりすること及びパターニングの内容については相違する。本図の 505 もパターニングされた第 2 電極膜である。

【0182】なお、特に片持梁の場合にそうであるが、金属薄板といえども薄いため、そのままでは圧電体の形成時等に変形、歪みが発生したりしかねない。このため、必要に応じて梁を支持する細い梁 (切断加工部) 507 を設けている。

【0183】(d) 切断加工部 507 を、細い工作が可能なレーザー加工機等で切断して片持ち梁構造を形成する。

【0184】本実施の形態では圧電体が薄膜のため長さが異なる片持ち梁や両端固定梁を同一の金属薄板に複数個作製する事が可能である。従って、加速度センサ等を使用する場合、幅広い周波数範囲でその検出、測定が可能となる。

【0185】更に、金属薄板に第 1 及び第 2 圧電体薄膜を直接形成するため、接着工程が不必要となる。このため、接着のバラツキによる感度や変位のバラツキ発生を防止できる。

50 【0186】なお、成膜基板としての金属は、使用温度



のみならず、雰囲気ガスの種類に応じての選定もなされるのは勿論である。

【0187】（第6の実施の形態）本実施の形態は、3軸方向用の薄膜圧電型力学量検出器に関する。

【0188】図15に、本発明の薄膜圧電型バイモルフ素子を用いた薄膜圧電型力学量検出器を示す。この薄膜圧電型バイモルフ素子の金属薄板両面への製作方法自体は、先の第5の実施の形態と同様である。

【0189】ただし、本実施の形態では、片持ち梁構造や両端固定梁構造の素子の形成された部分の金属薄板に更に折り曲げ加工を施しているのが相違する。すなわち、圧電検出部が金属薄板のなす平面に対して角度を有することとなる。この結果、この平面に直角な方向以外の方向の力学量の検出が可能となる。

【0190】従って、図15に示すように、3つの圧電体検出部605d、605e、605fが互いに垂直の場合には、それぞれ直交するx、y、z軸方向の力学量が検出可能である。

【0191】圧電検出部と金属薄板のなす角度 $\theta$ であるが、これは、90度に限定されるものではないのは勿論である。すなわち、検出する力学量の方向にあわせて自由に定め、検出感度の向上を図るようにしてもよい。

【0192】本実施の形態においても、策の第6の実施の形態と同じく圧電体が薄膜であるため、長さが異なる片持ち梁や両端固定梁を有する各種の3次元力学量検出端を同一金属基板上に多数作製可能である。

【0193】従って、例えば加速度センサとして使用した場合には、幅広い周波数範囲でその検出測定が可能となる。更に、他の実施の形態と同じく、金属薄板に第1及び第2圧電体薄膜を直接形成するため、接着工程が不要であり、感度や変位のバラツキ発生を防止できる。

【0194】また、長時間での曲がり角度の変化防止のため、当該部の金属に必要な熱処理を施しても良い。

【0195】（第7の実施の形態）本実施の形態は、インクジェットヘッドに関する。

【0196】図16に、本発明の薄膜圧電型バイモルフ素子を用いたインクジェットヘッドを、図17にその作製手順の進行に伴う断面の変化の様子を示す。

【0197】本図において、701は成膜基板そしてインクを吐出させるために振動する板、アクチュエータとしての金属薄板である。702は、その両面に形成された第1電極膜である。703と704は、更にその外面に形成された圧電体薄膜である。705は、第2電極膜である。706は、吐出されるインクが満ちている圧力室である。707は、共通インク室部品である。708は、インク供給路である。709は、共通インク供給路である。710は、インク吐出路である。711は、ノズルである。712は、接着剤である。

【0198】図16及び図17の(d)に示すように、インクジェットヘッドはインク流路構造体を有してお

り、このインク流路構造体には、インクの吐出口と連通すると共にインクを収容する圧力室が形成されている。

【0199】そして、この圧力室の上部（反印刷用紙側）には金属薄板701が圧力室上部を密閉するよう接着剤712にて固定して形成されており、更にこの金属薄板の上下（表裏）両面にはバイモルフ構造を構成する圧電体薄膜703、704が固着形成されている。

【0200】更にまた、インクに晒される部分の第2圧電体704、第2電極膜は例えば薄い有機絶縁膜等で覆われ、第1電極膜と第2電極膜は共に＋信号線で接続されているのは勿論であるが、これらは自明かつ煩雑となるため図示は省略してある。

【0201】次に、このインクジェットヘッドの製造方法を図17を参照しつつ説明する。

【0202】図17の(a)～(c)は、先の第1の実施の形態から第4の実施における薄膜圧電型バイモルフ素子の作製と同じ手順である。ただし、中央の成膜基板とその両面の圧電体薄膜等はインクジェットベッドのアクチュエータとしての作用をなすため、それ用の形状寸法等とされているだけでなく、ヘッド上のインクジェット素子の配列に従ってのパターニングがなされているのは勿論である。

【0203】(d)アクチュエータとしての薄膜圧電型バイモルフ素子を、接着剤でインク流路構造体に接合して、インクジェットヘッド素子を完成する。

【0204】本実施の形態のインクジェットヘッドは、圧電体が一度に形成された薄膜であるため、小型であっても均質化が容易であり、ひいてはインクジェットヘッドの素子の集積化と高階調化が容易となる。更に、圧電体のパターニングが可能のために、圧電素子の形状に制限がなく、インクジェットヘッドの製造に際して、形状、寸法等の自由度が大きくなる。

【0205】更に、本実施の形態においても、圧電体薄膜の金属薄板上への接着工程が不必要であるため、感度や変位のバラツキが生じない。

【0206】更にまた、圧電体がバイモルフ構造であるため、別途の振動板が不必要であるにもかかわらず大きな変位特性が得られる。

【0207】（第8の実施の形態）本実施の形態は、図5に示す第2の実施の形態の応用例である。

【0208】本実施の形態においては、図18に示すように第3の実施の形態におけるPt製の第1電極膜に換えて、PbTiO<sub>3</sub>層若しくはPbZrO<sub>3</sub>層203e、204eのみ、すなわち圧電効果なしの層とし、これによりクロム等の圧電体部への拡散を防止しつつ、中央部にあるため、伸縮しない成膜基板とのその両側の伸縮する本来の圧電体部とに発生する応力の緩和を図っている。

【0209】（第9の実施の形態）本実施の形態は、図15に示す第6の実施の形態の応用例である。

【0210】本実施の形態においては、図19に示すように長さのみ異なり、幅と圧電体等の形成位置や厚さが同じ検出端が同一平面上に5つ並んだ周波数検出機である。この場合、各検出端の成膜基板は共通であり、圧電体は同時に形成されたものであるため、圧電定数等は同じ、ひいては各検出端の特性が揃うこととなり、周波数を検出する際の解析が容易となる。

【0211】また、被検出部への機械的な取り付けも楽となる。

【0212】（第10の実施の形態）本実施の形態は、分極制御の他の手段である。従来の実施の形態では、成膜基板と圧電体との熱膨張率の差及び成膜温度を制御していたが、本実施の形態では、図20に示すように、積極的に外力を加えるものである。

【0213】以下、本図を参照しつつ本実施の形態を説明する。

【0214】本図の(a)において、101xは円形の薄い成膜基板である。103x、104xは、その上両面に形成された圧電体である。111は円形の薄い成膜基板の上下両面に固定された金属環であり、その熱膨張率は、中央の薄い成膜基板より大な金属よりなる。具体的には、成膜基板が、SUS（種類によるも $9\sim 18\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）やクロム（ $7\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）ならば、アルミ（ $24\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）やマンガン（ $23\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）等である。

【0215】そしてこれにより、圧電体薄膜形成時の温度にさえ注意すれば、本図の(b)に示すように適切な引張力Fを成膜基板に与えることが可能となる。

【0216】さらに、分極制御のみならず、圧電体成膜時の成膜基板のそりの発生を防止する。また、圧電体は焼成品であるため本来的に引張力に弱い、室温時には本図の(b)に示すような圧縮力が作用することとなるため、強度上も好ましいものとなる。また、成膜基板そのものも $10\mu\text{m}$ 程度のものでも製作可能となる。

【0217】（第11の実施の形態）本実施の形態は、先の第10の実施の形態の変形である。成膜基板に一方にのみ応力を加えるものである。

【0218】このため、四角い金属枠112で長方形の成膜基板101yを固定し、その上で両面に圧電体103y、104yを形成する。

【0219】（第12の実施の形態）本実施の形態は成膜基板の上、下面で圧電体の厚さを変化させるものである。

【0220】すなわち、圧電体は金属と異なり焼成品であるため、圧縮力に比較して引張力に弱い。

【0221】そこで、図22の(a)に示すように、引張力のかかる側の圧電素子103tを圧縮側の圧電素子104pよりも厚く形成する。

【0222】さて、圧電体よりも金属薄板の方が剛性が

大であるため、その両面の圧電体部をこのように厚さを変えて形成したところで、図22の(b)に示すようにバイモルフ型圧電素子は金属薄板を中心にして曲がるのは従来のものと同じである。しかしながら、圧電体部に加わる応力は、引張側の方が肉厚だけに圧縮側のものに比較して小さくなる。このため耐久性が向上することとなる。

【0223】（第13の実施の形態）本実施の形態は、より小型のバイモルフ型圧電素子の製造に関するものである。

【0224】以下、図23を参照しつつ本実施の形態を説明する。

【0225】(a) SiO<sub>2</sub> 基板100aを用意する。

【0226】(b) SiO<sub>2</sub> 基板に $2\sim 10\mu\text{m}$ 程度の金属薄膜101zをスパッタリングで形成する。

【0227】(c) 金属薄膜上に圧電体層を形成し、必要に応じてパターニングする。更に、その上に電極膜層を形成し、必要に応じてパターニングする。

【0228】本(c)では、既にパターニングされた圧電体103zと電極膜105aを示す。

【0229】(d) パターニングした電極膜、圧電体上にSiO<sub>2</sub> 膜100bを形成する。

【0230】(e) この後に形成したSiO<sub>2</sub> 膜100bを保護物質で覆い（図示せず）、その後最初のSiO<sub>2</sub> 膜を磷酸等を使用して溶融除去する。

【0231】(f) 金属薄膜のSiO<sub>2</sub> を除去した面、即ち既に圧電体の存在する面の反対側の面にも圧電体部104zと電極膜105bを形成する。

【0232】(g) 新しく形成した圧電体部、電極膜に図示していない必要な配線等をなし、インク質部品707zに固定する。

【0233】(h) 反インク質部品側のSiO<sub>2</sub> 膜を除去し、必要な配線をなす。

【0234】本実施の形態においても、金属薄膜のそりや変形を防止しつつ、かつ圧電体の分極を圧電体や金属薄膜形成時の温度を調整することにより制御しつつ小型高性能のバイモルフ型圧電素子、アクチュエータを形成可能である。

【0235】以上、本発明を幾つかの実施の形態に基づいて説明してきたが、本発明は何もこれらに限定されないのは勿論である。すなわち、例えば以下のにしてもよい。

【0236】(1) 結晶構造は、c軸に優先配向した正方晶の圧電体薄膜材料でない。

【0237】(2) 配向性は、分極軸が基板面に対して垂直に配向していない。

【0238】(3) 圧電体材料として他のもの、例えばNb、Mn等が添加されたものを使用している。

【0239】

【発明の効果】以上の説明でわかるように本発明におい

ては、薄膜圧電型バイモルフ素子の製造において、圧電体の分極を制御しつつ金属薄膜に直接圧電体を形成するので、接着工程が不必要である。

【0240】またこのため、素子の感度のバラツキ発生を防止できる。

【0241】また、圧電体を貼り合わせるものでないため、膜厚が数 $\mu\text{m}$ 程度の薄い圧電体を使用可能となる。従って、モノモルフ構造のものと比較して、振動板無しの構造であるにもかかわらず変位量が大きくなる。

【0242】また、圧電体が薄膜材料であるため、その微細加工が可能となる。このため、微小かつ多様な形状の検出器等を容易に形成でき、また圧電素子全体の小型、集積化が可能となる。

【0243】また、長さの異なる複数の梁構造等を多数並列等に、あるいは2次元や3次元に配置した圧電素子を作成すること等も可能であり、これらを組み合わせることにより共振周波数の広帯域化等が可能である。

【0244】また、圧電定数の異なる圧電体薄膜を複数あるいは連続的に組み合わせることにより、第1圧電体薄膜と第2圧電体薄膜の界面、境界部の大きな応力の発生を防止あるいは緩和できるため、信頼性や耐久性が向上する。

【0245】また、引張側の圧電体層を厚くしたりして、その耐久性の向上が図れる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態の薄膜圧電型バイモルフ素子の断面図である。

【図2】 上記薄膜圧電型バイモルフ素子の作製手順の進行に伴う断面の変化を示す図である。

【図3】 上記薄膜圧電型バイモルフ素子の圧電体薄膜の分極方向を示す図である。

【図4】 チタン酸ジルコン酸鉛焼結体の組成比と誘電率及び電気機械結合係数との関係を示す図である。

【図5】 本発明の第2の実施の形態の薄膜圧電型バイモルフ素子の断面(a)と圧電体薄膜の分極方向(b)を示す図である。

【図6】 上記実施の形態に使用する多元スパッタ装置の概略構成図である。

【図7】 上記薄膜圧電型バイモルフ素子の作製手順の進行に伴う断面の変化を示す図である。

【図8】 本発明の第3の実施の形態の薄膜圧電型バイモルフ素子の断面図である。

【図9】 上記薄膜圧電型バイモルフ素子の作製手順の進行に伴う断面の変化を示す図である。

【図10】 上記実施の形態の圧電薄膜の焦電係数と基板温度の関係を示す図である。

【図11】 本発明の第4の実施の形態の薄膜圧電型バイモルフ素子の断面と分極方向を示す図である。

【図12】 本発明の第5の実施の形態の薄膜圧電型バイモルフ素子を用いた薄膜圧電型力学量検出器の平面図

である。

【図13】 上記薄膜圧電型バイモルフ素子を用いた薄膜圧電型力学量検出器の作製手順を示す図である。

【図14】 上記薄膜圧電型バイモルフ素子を用いた薄膜圧電型力学量検出器の他の作製手順を示す図である。

【図15】 本発明の第6の実施の形態の薄膜圧電型バイモルフ素子を用いた薄膜圧電型力学量検出器の概念図である。

【図16】 本発明の第7の実施の形態の薄膜圧電型バイモルフ素子を用いたインクジェットヘッドの断面構成を示す図である。

【図17】 上記薄膜圧電型バイモルフ素子を用いたインクジェット式記録ヘッドのアクチュエータの作製手順の進行に伴う断面の変化の様子及びインク流露構造体への取付けを示す図である。

【図18】 本発明の第8の実施の形態の薄膜圧電型バイモルフ素子の断面図である。

【図19】 本発明の第9の実施の形態の薄膜圧電型バイモルフ素子を用いた周波数分析器の平面と主要部の断面を示す図である。

【図20】 本発明の第10の実施の形態の薄膜圧電型バイモルフ素子の製造方法を示す図である。

【図21】 本発明の第11の実施の形態の薄膜圧電型バイモルフ素子の製造方法を示す図である。

【図22】 本発明の第12の実施の形態の薄膜圧電型バイモルフ素子の断面図である。

【図23】 本発明の第13の実施の形態の薄膜圧電型バイモルフ素子を用いたインクジェットヘッドの製造方法を示す図である。

#### 【符号の説明】

100a SiO<sub>2</sub> 基板

100b SiO<sub>2</sub> 基板

101 成膜基板(金属薄板)

101z 成膜基板(金属層)

102 第1電極膜

103 第1圧電体薄膜

103t 第1圧電体薄膜(引張側)

103x 圧電体部

103y 圧電体部

104 第2圧電体薄膜

104p 第2圧電体薄膜(圧縮側)

104x 圧電体部

104y 圧電体部

105 第2電極膜

111 厚手金属円環

112 厚手金属棒

203a 第1圧電体薄膜(成膜基板側)

203b 第1圧電体薄膜(中央)

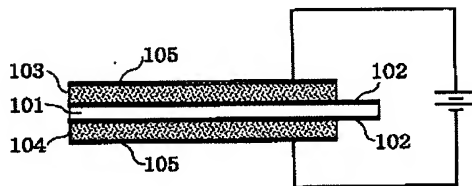
203c 第1圧電体薄膜(反成膜基板側)

203e クッション層

31

204a	第2圧電体薄膜（成膜基板側）
204b	第2圧電体薄膜（中央）
204c	第2圧電体薄膜（反成膜基板側）
204e	クッション層
303	第1圧電体薄膜
304	第2圧電体薄膜
403a	第1圧電体薄膜
403b	第1圧電体薄膜
403c	第1圧電体薄膜
404a	第2圧電体薄膜
404b	第2圧電体薄膜
404c	第2圧電体薄膜
501	金属薄板
502	第1電極膜
503	第1圧電体薄膜
505	パターンニングされた第2電極膜
506	開孔部
507	切断加工部
508	片持梁
508a	周波数解析用端子梁
508b	周波数解析用端子梁
508c	周波数解析用端子梁

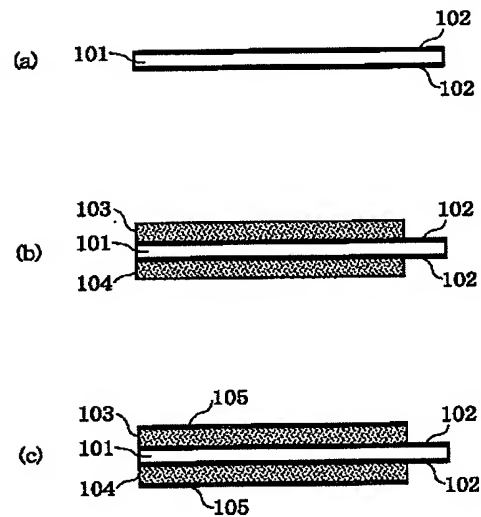
【図1】



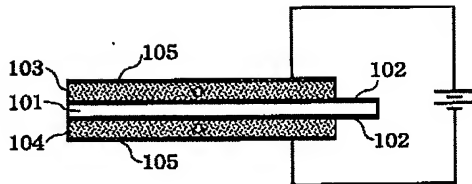
32

508d	周波数解析用端子梁
508e	周波数解析用端子梁
509	両端固定梁
601	金属薄板
602	第1電極膜
605d	第2電極膜
605e	第2電極膜
605f	第2電極膜
606	開孔部
10 701	金属薄板
702	第1電極膜
703	第1圧電体薄膜
704	第2圧電体薄膜
705	第2電極膜
706	圧力室
707	共通インク室部品
707z	共通インク室部品
708	インク供給路
709	共通インク供給路
20 710	インク吐出路
711	ノズル
712	接着剤

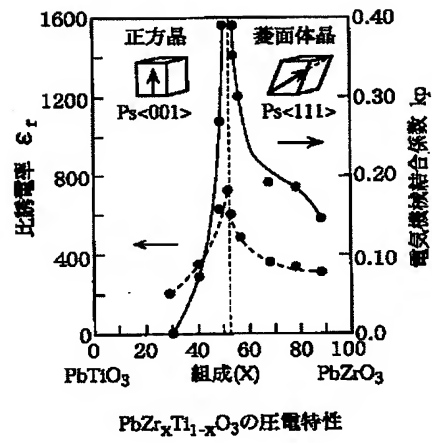
【図2】



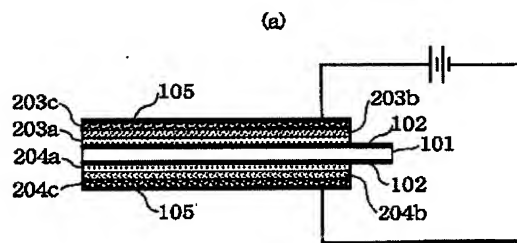
【図 3】



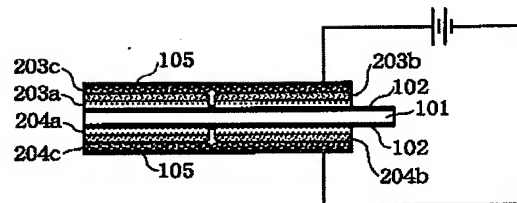
【図 4】



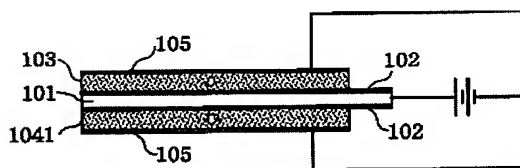
【図 5】



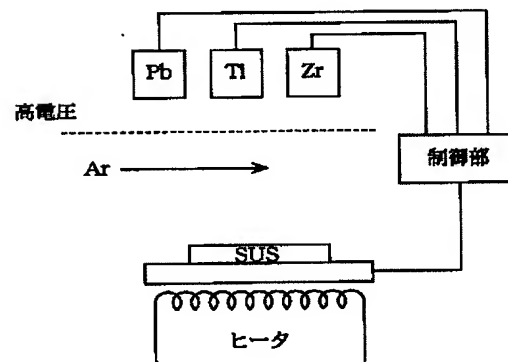
(b)



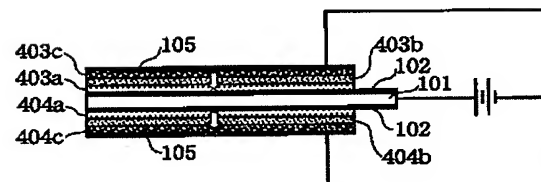
【図 8】



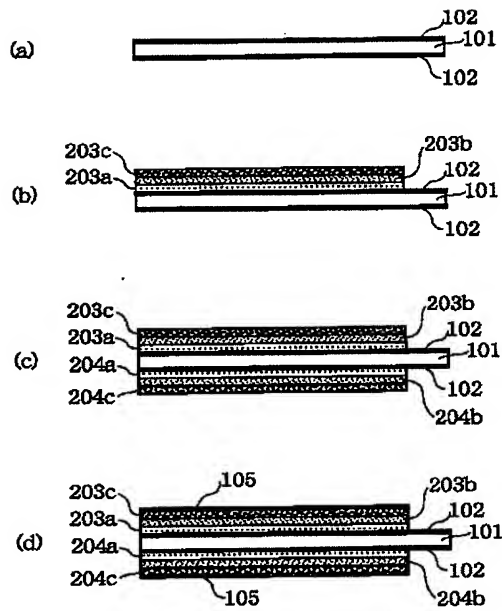
【図 6】



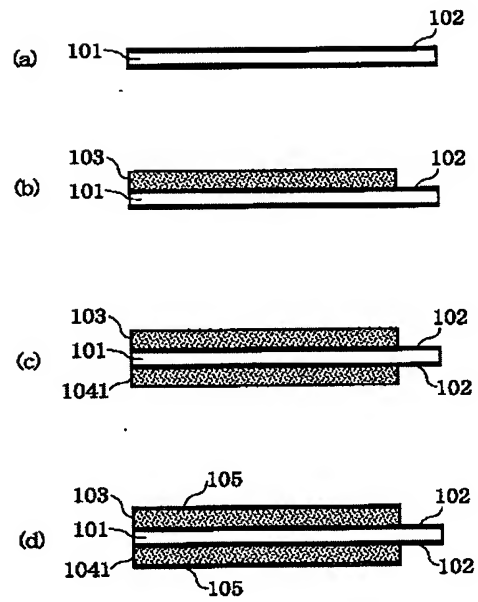
【図 11】



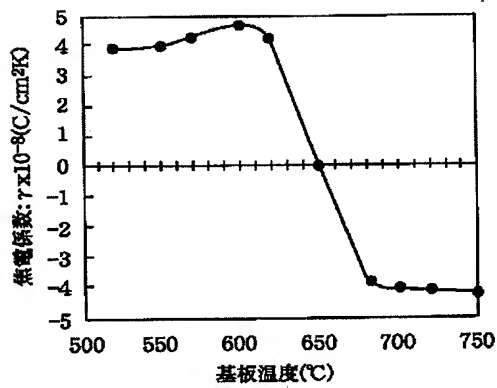
【図 7】



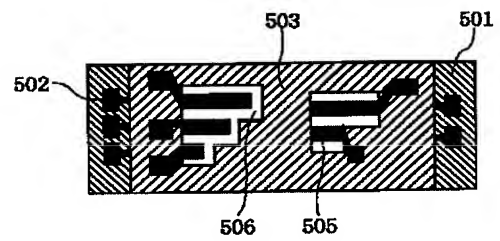
【図 9】



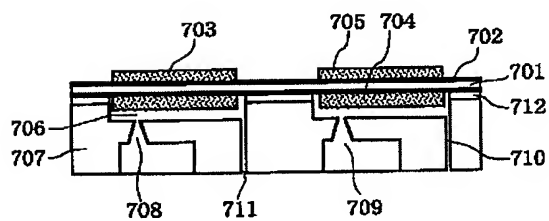
【図 10】



【図 12】

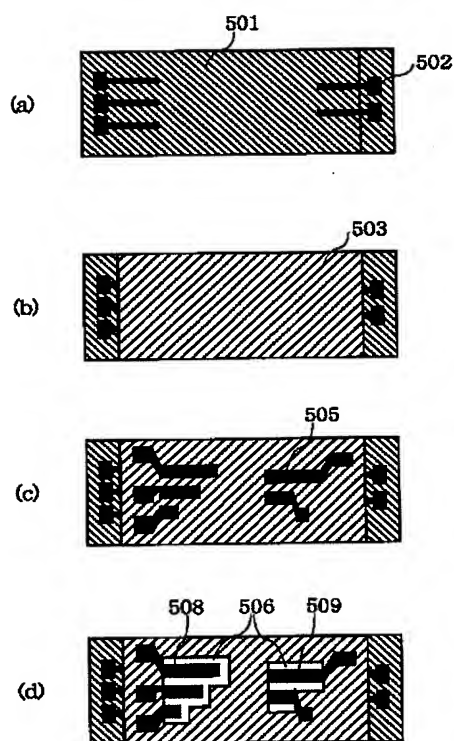


【図 16】

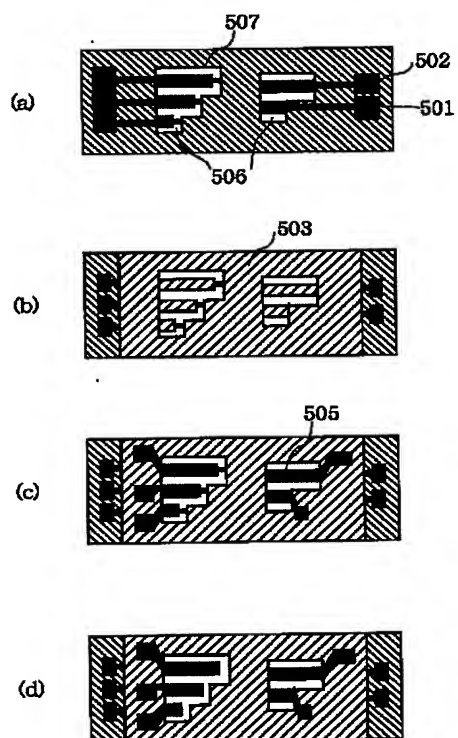




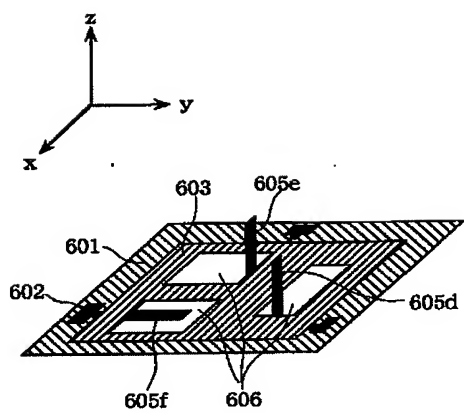
【図 13】



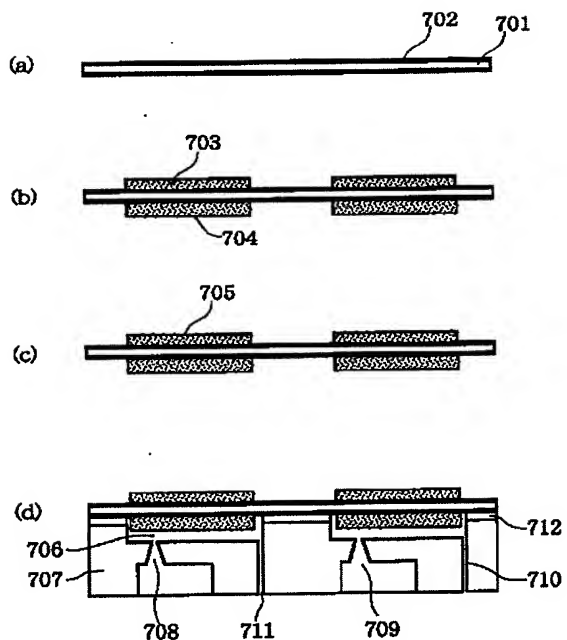
【図 14】



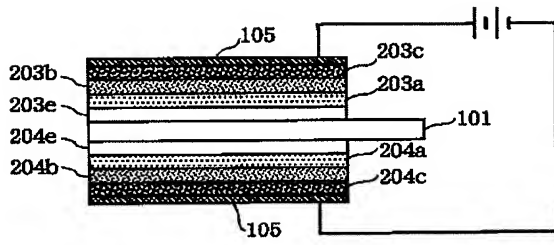
【図 15】



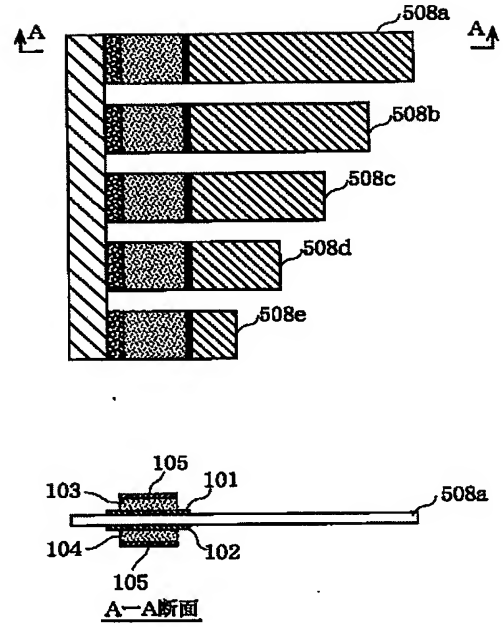
【図 17】



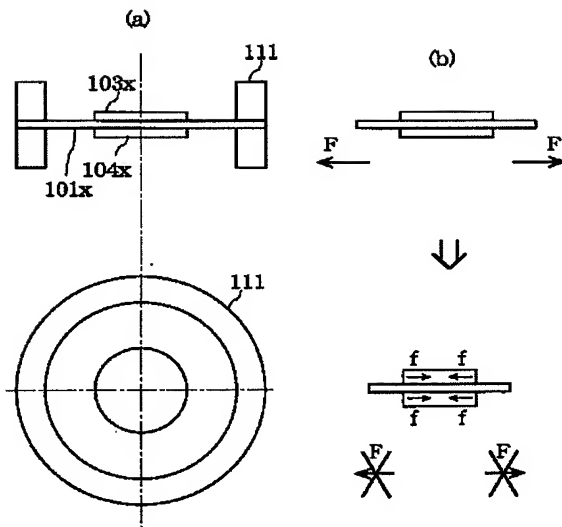
【図 18】



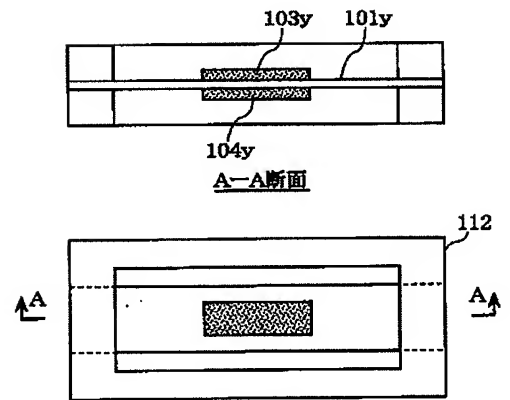
【図 19】



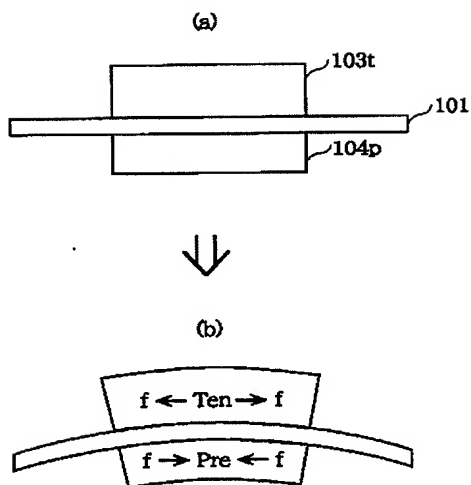
【図 20】



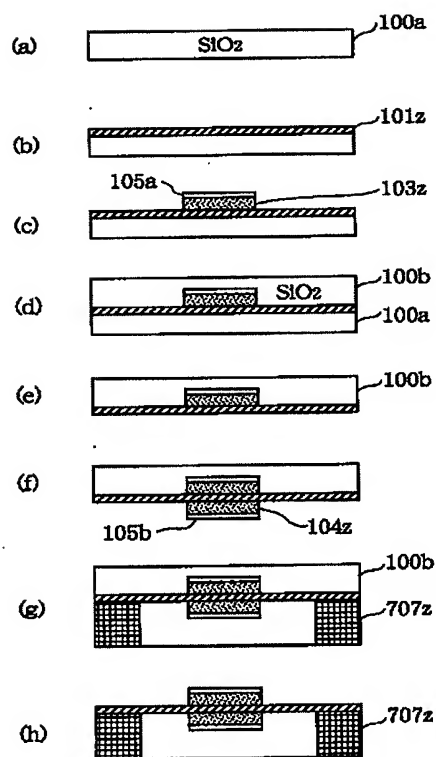
【図 21】



【図 22】



【図 23】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード\* (参考)

// H 0 2 N 2/00

H O 1 L 41/08

U

(72) 発明者 高山 良一

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

F ターム (参考) 2C057 AF23 AF51 AF65 AF93 AG44

AP02 AP14 AP25 AP52 BA03  
BA14

(72) 発明者 鎌田 健

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内5D107 AA09 AA13 BB06 BB09 CC03  
CC10 CC12